

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-117399

(43)Date of publication of application : 25.04.2000

(51)Int.Cl.

B22D 11/06

B22D 11/10

C22C 45/00

RECEIVED  
JUN 03 2003  
TC 1700

(21)Application number : 10-287066

(71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD  
INOUE AKIHISA

(22)Date of filing : 08.10.1998

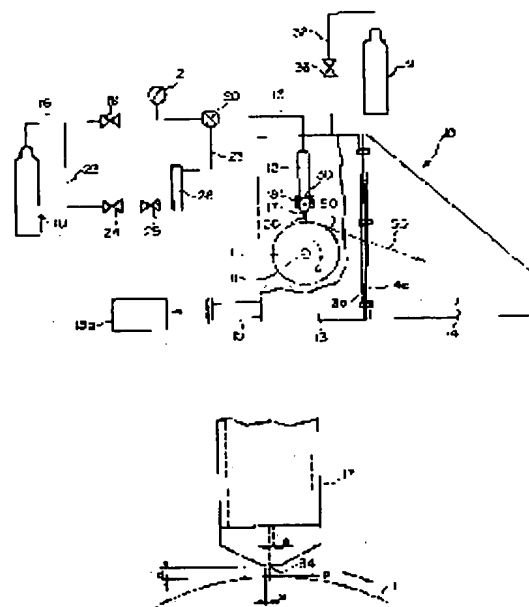
(72)Inventor : YOSHIDA SHOJI  
MIZUSHIMA TAKAO  
MAKINO TERUHIRO  
INOUE AKIHISA

(54) PRODUCTION OF AMORPHOUS SOFT MAGNETIC ALLOY STRIP AND PRODUCING APPARATUS OF AMORPHOUS SOFT MAGNETIC ALLOY STRIP AND AMORPHOUS SOFT MAGNETIC ALLOY STRIP AND AMORPHOUS SOFT MAGNETIC ALLOY MEMBER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a producing method for producing an amorphous soft magnetic alloy strip having thick thickness and wide width, and a producing apparatus thereof, the amorphous soft magnetic alloy strip and an amorphous soft magnetic alloy member.

SOLUTION: When the amorphous soft magnetic alloy strip 50 is produced by spouting molten alloy 30 from a nozzle 17 toward the cooling surface of a cooling roll 11 rotation-driven to cool the molten metal 30, the shape of the spouting hole 34 of the nozzle 17 is formed as almost rectangle and the spouting width (w) of the spouting hole 34 paralleled to the tangential direction (p) in the rotation of the cooling roll 11 is made to 0.2-0.8 mm. The interval (d) between the nozzle 17 and the cooling roll 11 is made to 0.2-0.8 mm, and the peripheral speed of the cooling roll 11 is made to 3-60 m/s. The spout of the molten metal 30 into the cooling roll 11 has the feature for executing with the spouting pressure of 0.2-3.0 kg/cm<sup>2</sup>.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-117399

(P2000-117399A)

(43) 公開日 平成12年4月25日 (2000.4.25)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターコード (参考)
B 2 2 D 11/06	3 6 0	B 2 2 D 11/06	3 6 0 B 4 E 0 0 4
	11/10	11/10	3 2 0 Z
C 2 2 C 45/00	3 2 0	C 2 2 C 45/00	

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平10-287068

(22) 出願日 平成10年10月8日 (1998.10.8)

(71) 出願人 000010098

アルプス電気株式会社

東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(71) 出願人 591112625

井上 明久

宮城県仙台市青葉区川内元支倉35番地 川

内住宅11-806

(72) 発明者 吉田 昌二

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ

ス電気株式会社内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外9名)

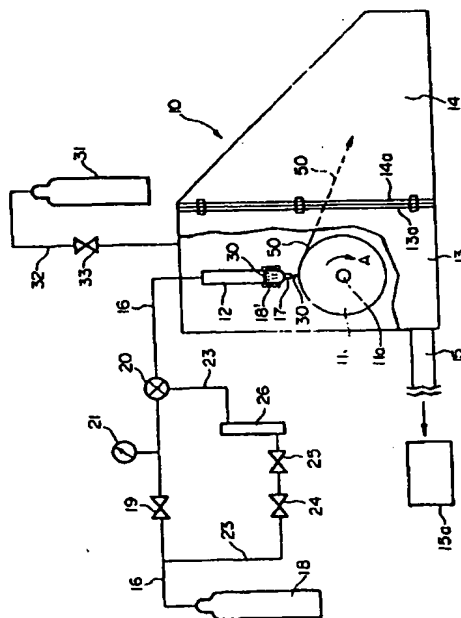
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法及び非晶質軟磁性合金薄帯の製造装置及び非晶質軟磁性合金薄帯及び非晶質軟磁性合金部材

(57) 【要約】

【課題】 厚さが厚く、幅が広い非晶質軟磁性合金薄帯を製造するための製造方法、製造装置、非晶質軟磁性合金薄帯および非晶質軟磁性合金部材を提供する。

【解決手段】 回転駆動される冷却ロール11の冷却面に向けてノズル17から合金の溶湯30を噴出して溶湯30を冷却し、帯状の非晶質軟磁性合金薄帯50を製造する際に、ノズル17の吹出し口34の形状を略矩形とし、冷却ロール11の回転接線方向pに平行な吹出し口34の吹出し幅wを、0.2mm以上かつ0.8mm以下とし、ノズル17と冷却ロール11の間隔dを、0.2mm以上かつ0.8mm以下とし、冷却ロール11の周速を、3m/s以上かつ60m/s以下とし、冷却ロール11への溶湯30の噴出を、0.2kg/cm<sup>2</sup>以上かつ3.0kg/cm<sup>2</sup>以下の射出圧で行なうこと特徴とする非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法を採用する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転駆動される冷却ロールの冷却面に向けてノズルから合金の溶湯を噴出して前記溶湯を冷却し、帯状の非晶質軟磁性合金薄帯を製造する際に、前記ノズルの吹出し口の形状を略矩形とし、前記冷却ロールの回転接線方向に平行な該吹出し口の吹出し幅を、0.2mm以上かつ0.8mm以下とし、前記ノズルと前記冷却ロールの間隔を、0.2mm以上かつ0.8mm以下とし、前記冷却ロールの周速を、3m/s以上かつ60m/s以下とし、前記冷却ロールへの溶湯の噴出を0.2kg/cm<sup>2</sup>以上かつ3.0kg/cm<sup>2</sup>以下の射出圧で行なうことを特徴とする非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法。

【請求項2】 前記冷却ロールへの溶湯の噴出を密閉空間内で行なうことを特徴とする請求項1記載の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法。

【請求項3】 前記冷却ロールへの溶湯の噴出を減圧雰囲気中に行なうことを特徴とする請求項2記載の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法。

【請求項4】 前記冷却ロールへの溶湯の噴出を不活性ガス雰囲気中または窒素ガス雰囲気中に行なうことを特徴とする請求項2記載の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法。

【請求項5】 前記不活性ガスがアルゴンガスであることを特徴とする請求項4記載の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法。

【請求項6】 得られた非晶質軟磁性合金薄帯を、軟磁性合金の結晶化温度以下の温度で熱処理することを特徴とする請求項1ないし請求項5記載の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法。

【請求項7】 前記非晶質軟磁性合金薄帯は、 $\Delta T_s = T_s - T_g$ 。(ただし $T_s$ は結晶化開始温度、 $T_g$ はガラス遷移温度を示す。)の式で表される過冷却液体の温度間隔 $\Delta T_s$ が35K以上であり、比抵抗が $1.5\mu\Omega\text{m}$ 以上のFe基軟磁性金属ガラス合金からなることを特徴とする請求項1ないし請求項6記載の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法。

【請求項8】 前記Fe基軟磁性金属ガラス合金が、Fe以外の他の金属元素と半金属元素とを含有してなることを特徴とする請求項7記載の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法。

【請求項9】 前記Fe基軟磁性金属ガラス合金が、P、C、B、Geのうちの少なくとも1種以上の半金属元素を含有してなることを特徴とする請求項8記載の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法。

【請求項10】 前記Fe基軟磁性金属ガラス合金が、P、C、B、Geのうちの少なくとも1種以上の半金属元素とSiとを含有してなることを特徴とする請求項8記載の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法。

【請求項11】 前記Fe基軟磁性金属ガラス合金が他の金属元素として、周期律表ⅠⅠB族およびⅠVB族元素の内の少なくとも一種以上を含むことを特徴とする請求項8ないし請求項10記載の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法。

【請求項12】 前記Fe基軟磁性金属ガラス合金が他の金属元素として、Al、Ga、In、Snのうちの少なくとも一種以上を含むことを特徴とする請求項11記載の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法。

【請求項13】 前記Fe基軟磁性金属ガラス合金の組成が原子%で

Al:1 ~10%

Ga:0.5~4%

P:9 ~15%

C:5 ~7%

B:2 ~10%

Fe:残部

であることを特徴とする請求項7、8、9、11、12のいずれかに記載の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法。

20 【請求項14】 前記Fe基軟磁性金属ガラス合金の組成が原子%で

Al:1 ~10%

Ga:0.5~4%

P:9 ~15%

C:5 ~7%

B:2 ~10%

Si:0 ~15%

Fe:残部

であることを特徴とする請求項7、8、10、11、12のいずれかに記載の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法。

【請求項15】 前記Fe基軟磁性金属ガラス合金が、0~4原子%のGeを含有することを特徴とする請求項13または請求項14記載の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法。

【請求項16】 前記Fe基軟磁性金属ガラス合金が、Nb、Mo、Hf、Ta、W、Zr、Crの少なくとも1種以上の元素を7原子%以下含有することを特徴とする請求項13ないし15記載の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法。

【請求項17】 前記Fe基軟磁性金属ガラス合金が、10原子%以下のNiと30原子%以下のCoの少なくとも一方または両方を含むことを特徴とする請求項13ないし請求項16記載の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法。

【請求項18】 回転駆動される冷却ロールと、該冷却ロールの冷却面に先端を臨ませて近接配置され、合金の溶湯を前記冷却面に向けて噴出するノズルとを具備してなり、

50 前記ノズルの吹出し口の形状が略矩形とされ、前記冷却

ロールの回転接線方向に平行な吹出し幅が0.2mm以上0.8mm以下とされ、前記ノズルと前記冷却ロールの間隔が0.2mm以上かつ0.8mm以下とされることを特徴とする非晶質軟磁性合金薄帯の製造装置。

【請求項19】 前記ノズルと前記冷却ロールとが、真空排気可能なチャンバ内に収納されていることを特徴とする請求項18記載の非晶質軟磁性合金薄帯の製造装置。

【請求項20】 請求項1～17のいずれかに記載の製造方法により製造され、厚さが40μm以上であることを特徴とする非晶質軟磁性合金薄帯。

【請求項21】 請求項20記載の非晶質軟磁性合金薄帯が巻回または積層されてなることを特徴とする非晶質軟磁性合金部材。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えば磁気ヘッドやトランスの部材として用いられる非晶質軟磁性合金薄帯を連続的に製造するための方法、および製造装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 非晶質相を有する軟磁性合金の薄帯(リボン)を連続的に製造する装置として、図15に示す冷却ロール58を高速で回転させつつその頂部に近接配置したノズル60から母合金の溶湯62を冷却ロール58に向けて噴出することによって、溶湯62を冷却ロール58の冷却面で急速冷却して固化させつつ帯状となし、冷却ロール58の回転方向に引き出すようにしたものがあ

る。【0003】 図15に示す装置においては、冷却ロール58の表面が鏡面仕上とされ、また、ノズル60が冷却ロール58の頂部においてほぼ鉛直となるように設定可能とされている。そして、ノズル60から噴出された溶湯62は、ノズル60の先端と冷却ロール58の表面との間に溜まり(バドル)64を形成し、冷却ロール58の回転に伴ってその溜まり64から溶湯62が引き出されつつ冷却ロール58の冷却面上で冷却されて帯状となって固化し、非晶質軟磁性合金薄帯66が連続的に形成される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、磁気ヘッド、トランス、チョークコイル等に用いられる軟磁性合金は、一般的に、飽和磁束密度が高いこと、透磁率が高いこと、低保磁力であることなどの諸特性が求められている。また、磁気ヘッドに対しては、これらの諸特性に加えて耐摩耗性の観点から硬度が高いことが要求されている。従って、軟磁性合金あるいは磁気ヘッドを製造する場合、これらの観点から種々の合金系において材料研究がなされている。

【0005】 このような背景から、前記の要求を満たす

軟磁性合金として、Fe基軟磁性金属ガラス合金が開発されている。このFe基軟磁性金属ガラス合金の1つは、次式で示される組成からなることを特徴とするものであった。

Al : 1 ～ 10%

Ga : 0.5 ～ 4%

P : 9 ～ 15%

C : 5 ～ 7%

B : 2 ～ 10%

Fe : 残部

【0006】 また、Fe基軟磁性金属ガラス合金の他の1つは、次式で示される組成からなることを特徴とするものであった。

Al : 1 ～ 10%

Ga : 0.5 ～ 4%

P : 9 ～ 15%

C : 5 ～ 7%

B : 2 ～ 10%

Si : 0 ～ 15%

20 Fe : 残部

【0007】 ところで、磁気ヘッド、トランス、チョークコイル等に用いる上記のFe基軟磁性金属ガラス合金を、図15に示す製造装置を用いて製造すると、厚さがおよそ25μm以下の薄帯として得られる。この薄帯を用いて、積層コアなどの磁気部材を製造すると、薄帯の厚さが薄いために薄帯の積層または捲回等の積層工程の工数が多くなって、磁気部材の製造コストが高くなるという課題があった。また、薄帯が薄いために積層コア等の磁気部材が変形しやすいという課題もあった。更に、薄帯同士の間には必ず隙間が生じるので、積層コアの占積率が低下して積層コアの小型化が困難になるという課題もあった。また、薄帯の幅が広いと、積層コア等の磁気部材の設計の自由度が大きくなるが、従来の製造方法では厚い幅広の薄帯を得ることが困難であった。

【0008】 本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであって、製造コストが低く、変形することがなく、占積率が高い磁気部材を得るために、厚みが厚く、幅が広い非晶質軟磁性合金薄帯を製造するための製造方法、製造装置、それらの製造方法により製造された非晶質軟磁性合金薄帯および非晶質軟磁性合金部材を提供することを目的とする。

40

【0009】

【課題を解決するための手段】 上記の目的を達成するために、本発明は以下の構成を採用した。本発明の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法は、回転駆動される冷却ロールの冷却面に向けてノズルから合金の溶湯を噴出して前記溶湯を冷却し、帯状の非晶質軟磁性合金薄帯を製造する際に、前記ノズルの吹出し口の形状を略矩形とし、前記冷却ロールの回転接線方向に平行な該吹出し口の吹出し幅を、0.2mm以上かつ0.8mm以下とし、前記

ノズルと前記冷却ロールの間隔を、0.2mm以上かつ0.8mm以下とし、前記冷却ロールの周速を、3m/s以上かつ60m/s以下とし、前記冷却ロールへの溶湯の噴出を、0.2kg/cm<sup>2</sup>以上かつ3.0kg/cm<sup>2</sup>以下の射出圧で行なうことと特徴とする。

【0010】ノズルの吹出し口の形状を矩形状とし、吹出し幅、ノズルと冷却ロールの間隔、冷却ロールの周速及び溶湯の射出圧を上記のごとく設定することにより、従来は得ることが極めて困難であった厚さが40μm以上の非晶質軟磁性合金薄帯が得られる。吹出し口の幅が小さすぎると溶湯が詰まるおそれがあり、吹出し幅が大きすぎると溶湯の供給量が過剰になって冷却ロールの回転方向の反対方向に溶湯が溢れてしまうおそれがある。従って、吹出し幅は0.2mm以上かつ0.8mm以下とすることが好ましく、0.3mm以上かつ0.5mm以下とすれば、厚さが40μm以上で幅が10mm以上の非晶質軟磁性合金薄帯を安定して製造できるのでより好ましい。また、ノズルと冷却ロールの間隔が小さすぎると溶湯を円滑に冷却ロールに噴出できなくなり、間隔が大きすぎると溶湯が冷却ロールに達する前に不連続な液滴となり、長尺の薄帯が得られなくなる。従って、ノズルと冷却ロールの間隔を、0.2mm以上かつ0.8mm以下とするのが好ましく、0.3mm以上かつ0.5mm以下とするのがより好ましい。更に、冷却ロールの周速が小さすぎると、薄帯の引き出される速度が低下して溶湯によるノズルの詰まりが生じるおそれがあり、周速が大きすぎると幅広の薄帯が得られなくなる。従って、冷却ロールの周速を3m/s以上かつ60m/s以下とした。また、周速を6m/s以上かつ25m/s以下とすれば、厚さが40μm以上で幅が10mm以上の非晶質軟磁性合金薄帯を安定して製造できるのでより好ましい。更にまた、溶湯の射出圧が低すぎると、溶湯の供給量が充分でなく薄帯の厚さが薄くなるおそれがあり、射出圧が高すぎると厚さの厚い薄帯が得られるが、溶湯の供給量が過剰になって冷却ロールの回転方向の反対方向に溶湯が溢れてしまうおそれがある。従って、溶湯の射出圧を0.2kg/cm<sup>2</sup>以上かつ3.0kg/cm<sup>2</sup>以下とした。また、射出圧を0.3kg/cm<sup>2</sup>以上かつ2.5kg/cm<sup>2</sup>以下とすれば、厚さが40μm以上で幅が10mm以上の非晶質軟磁性合金薄帯を安定して製造できるのでより好ましい。

【0011】また、本発明の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法においては、前記冷却ロールへの溶湯の噴出を密閉空間内で行なうことが好ましい。更に、前記冷却ロールへの溶湯の噴出を減圧雰囲気中に行なうことが好ましい。更にまた、前記冷却ロールへの溶湯の噴出を不活性ガス雰囲気中または窒素ガス雰囲気中に行なうことが好ましく、前記不活性ガスがアルゴンガスであるとより好ましい。溶湯の噴出を上記の条件で行うことにより、冷却ロール及びノズル近傍への酸素の混入が防がれて、

薄帯の酸化を防ぐことが可能になる。

【0012】また、本発明の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法においては、得られた軟磁性合金薄帯を、合金の結晶化温度以下の温度で熱処理することが好ましい。結晶化温度以下の温度で熱処理することにより、結晶質相が析出することがなく、また薄帯の内部応力を除去して非晶質軟磁性合金薄帯の軟磁気特性を向上することが可能となる。

【0013】本発明の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法において、前記非晶質軟磁性合金薄帯は、 $\Delta T_s = T_s - T_g$ 。(ただし $T_s$ は結晶化開始温度、 $T_g$ はガラス遷移温度を示す。)の式で表される過冷却液体の温度間隔 $\Delta T_s$ が35K以上であり、比抵抗が1.5μΩm以上のFe基軟磁性金属ガラス合金からなることを特徴とする。

また、前記Fe基軟磁性金属ガラス合金が、Fe以外の他の金属元素と半金属元素とを含有してなることを特徴とする。更に、前記Fe基軟磁性金属ガラス合金が、P、C、B、Geのうちの少なくとも1種以上の半金属元素を含有してなることを特徴とする。更にまた、前記Fe基軟磁性金属ガラス合金が、P、C、B、Geのうちの少なくとも1種以上の半金属元素とSiとを含有してなることを特徴とする。また、前記Fe基軟磁性金属ガラス合金が他の金属元素として、周期律表ⅡⅡB族およびⅡⅤB族元素の内の少なくとも一種以上を含むことを特徴とする。更に、前記Fe基軟磁性金属ガラス合金が他の金属元素として、Al、Ga、In、Snのうちの少なくとも一種以上を含むことを特徴とする。

【0014】本発明の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法においては、前記Fe基軟磁性金属ガラス合金の組成が、原子%で、Al:1~10%、Ga:0.5~4%、P:9~15%、C:5~7%、B:2~10%、Fe:残部であることを特徴とする。また、本発明の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法においては、前記Fe基軟磁性金属ガラス合金の組成が、原子%で、Al:1~10%、Ga:0.5~4%、P:9~15%、C:5~7%、B:2~10%、Si:0~15%、Fe:残部であることを特徴とする。

【0015】また、本発明の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法においては、前記Fe基軟磁性金属ガラス合金が、0~4原子%のGeを含有することを特徴とする。更に、前記Fe基軟磁性金属ガラス合金が、Nb、Mo、Hf、Ta、W、Zr、Crの少なくとも1種以上の元素を7原子%以下含有することを特徴とする。更にまた、前記Fe基軟磁性金属ガラス合金が、10原子%以下のNiと30原子%以下のCoの少なくとも一方または両方を含むことを特徴とする。

【0016】上記のFe基軟磁性金属ガラス合金は、過冷却液体の温度間隔 $\Delta T_s$ が35K以上であるので、比較的厚さの厚い非晶質軟磁性合金薄帯を製造することが可能になる。また、比抵抗が1.5μΩm以上であるの

で、高周波での渦電流損失が少なく、高周波損失が小さい積層コア等の非晶質軟磁性合金部材を製造することが可能となる。また、Siを含有させることにより、過冷却液体の温度間隔 $\Delta T_c$ が大きくなり、非晶質単相組織となる臨界板厚が増大して、より厚さの厚い薄帯が得られる。

【0017】本発明の非晶質軟磁性合金薄帯の製造装置は、回転駆動される冷却ロールと、該冷却ロールの冷却面に先端を臨ませて近接配置され、合金の溶湯を前記冷却面に向けて噴出するノズルとを具備してなり、前記ノズルの吹出し口の形状が略矩形とされ、前記冷却ロールの回転接線方向に平行な吹出し幅が0.2mm以上0.8mm以下とされ、前記ノズルと前記冷却ロールの間隔が0.2mm以上かつ0.8mm以下とされることを特徴とする。上記の製造装置によれば、非晶質相組織からなる厚みが40 $\mu$ m以上の非晶質軟磁性合金薄帯を得ることが可能になる。また、前記ノズルと前記冷却ロールが、真空排気可能なチャンバ内に収納されていると、得られる薄帯の酸化を防止することが可能となるので好ましい。

【0018】本発明の非晶質軟磁性合金薄帯は、上記の製造方法により製造され、厚さが40 $\mu$ m以上のものである。また、本発明の非晶質軟磁性合金部材は、上記の軟磁性合金薄帯が巻回または積層されてなることを特徴とするものである。軟磁性合金薄帯の厚さが厚いので、非晶質軟磁性合金部材の占拠率が高くなり、部材の小型化が可能になる。また、部材の透磁率を高めることも可能となる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図1には、本発明の非晶質軟磁性合金薄帯の製造装置を示す。この製造装置は、チャンバ10の内部に冷却ロール11とるつば12とが収納されて概略構成されている。

【0020】チャンバ10は、冷却ロール11とるつば12を収納する箱状の本体部13と、この本体部13に接合された箱状の収納部14とを具備して構成されている。本体部13と収納部14は、それぞれフランジ部13a、14aを介してボルト接合されていて、本体部13と収納部14との接合部分が気密構造とされている。また、チャンバ10の本体部13には、真空排気装置15aに接続された排気管15が接続されている。また、チャンバ10の天井部にはArガスなどのガス供給源31が接続管32を介して接続され、接続管32には圧力調節弁33が組み込まれ、チャンバ10の内部にArガス、窒素ガス等を導入できるようになっている。

【0021】冷却ロール11は、チャンバ10の側壁を貫通する回転軸11aにより回転自在に支持されており、チャンバ10の外部に設けられた図示略のモータによって冷却ロール11が回転駆動されるようになっている。

る。回転軸11aがチャンバ10の側壁を貫通する部分は磁気シールが施されて気密構造とされている。

【0022】るつば12の下端部にはノズル17が設けられ、るつば12の下部には加熱コイル18が設けられ、るつば12の内部にはFe基軟磁性金属ガラス合金の溶湯30が収納されている。また、るつば12は、供給管16を介してArガスなどのガス供給源18に接続されるとともに、供給管16には、圧力調節弁19と電磁弁20とが組み込まれ、圧力調節弁19と電磁弁20との間には圧力計21が組み込まれている。また、供給管16には補助管23が並列して接続され、補助管23には圧力調整弁24と流量調整弁25と流量計26が組み込まれている。従って、ガス供給源18からるつば12内にArなどのガスを供給して、ノズル17から冷却ロール11に向けて溶湯を噴出できるようになっている。

【0023】本発明に係るFe基軟磁性金属ガラス合金は、 $\Delta T_c = T_c - T$ 。(ただし $T_c$ は結晶化開始温度、 $T$ はガラス遷移温度を示す。)の式で表される過冷却液体の温度間隔 $\Delta T_c$ が35K以上であり、比抵抗が1.5 $\mu\Omega$ m以上のものであって、Feを主として含み、更に、Fe以外の他の金属元素と半金属元素とを含有してなるものである。このFe基軟磁性金属ガラス合金は、組成によっては過冷却液体の温度間隔 $\Delta T_c$ が40~60K以上という顕著な温度間隔を示すので、冷却速度が比較的遅くても非晶質組織が形成され、比較的厚さの厚い薄帯を製造することが可能となる。

【0024】図2は、図1に示す製造装置の冷却ロール11とノズル17の近傍の拡大図である。薄帯の製造時には、冷却ロール11を回転させつつ、その頂部に近接配置したノズル17から溶湯30を吹き付けることによって、溶湯30を冷却ロール11の冷却面で急速冷却して固化させつつ冷却ロール11の回転方向に帯状となして薄帯50を引き出す。

【0025】図3にはノズル17の拡大側面図を示し、図4にはノズル17の拡大底面図を示す。図4に示すように、ノズル17の吹出し口34の形状は、第1線分36、36と第2線分38、38からなる略矩形とされている。さらに、この吹出し口34の第1線分36が、回転する冷却ロール11の回転接線方向pと平行になるように、ノズル17と冷却ロール11が配置され、第1線分36の長さが吹出し幅wとされる。本発明においては、この吹出し口34の第1成分36の長さ(吹出し幅)が0.2mm以上かつ0.8mm以下の範囲とされる。吹出し幅が前記の範囲であれば、厚さが30 $\mu$ m以上の非晶質軟磁性合金薄帯を得ることが可能となる。また、吹出し幅を0.3mm以上かつ0.5mm以下とすれば、厚さが40 $\mu$ m以上かつ幅が10mm以上の非晶質軟磁性合金薄帯を安定して製造することが可能になる。吹出し口の幅が0.2mm未満であると溶湯がノズ

ル17に詰まるおそれがあり、0.8mmを越えると溶湯の供給量が過剰になって冷却ロール11の回転方向の反対方向に溶湯が溢れてしまうおそれがあるので好ましくない。

【0026】また、ノズルの吹出し口34と冷却ロール11の間隔dは、0.2mm以上かつ0.8mm以下とされ、より好ましくは0.3mm以上0.5mm以下とされる。間隔dをこの範囲内とし、他の条件を調整することにより、厚さが40μm以上の薄帯が得られる。間隔dが0.2mm未満であると溶湯30を円滑に冷却ロール11に噴出できなくなってノズル17が破裂するおそれがあり、間隔dが0.8mmを越えると溶湯30が冷却ロール11に達する前に不連続な液滴となって、長尺の薄帯が得られなくなるおそれがあるので好ましくない。

【0027】また、冷却ロール11の周速は3m/s以上かつ60m/s以下とすることが好ましく、6m/s以上かつ25m/s以下とすることがより好ましい。冷却ロール11の周速が3m/s未満であると薄帯の引き出される速度が低下して溶湯の円滑な噴出が妨げられ、溶湯によるノズルの詰まりが生じるおそれがあり、周速が60m/sを越えると薄帯の厚さが薄くなると共に、薄帯に折れや切断が生じるので好ましくない。特に、冷却ロール11の周速が6m/s以上かつ25m/s以下であれば、厚さが40μm以上かつ幅が10mm以上の非晶質軟磁性合金薄帯を安定して製造することが可能になる。

【0028】また、冷却ロール11への溶湯の射出圧は、0.2kg/cm<sup>2</sup>以上かつ3.0kg/cm<sup>2</sup>以下とすることが好ましく、0.3kg/cm<sup>2</sup>以上かつ2.5kg/cm<sup>2</sup>以下とすることがより好ましい。溶湯30の射出圧が0.2kg/cm<sup>2</sup>未満であると、溶湯30の供給量が充分でなく薄帯の厚さが薄くなってしましておそれがあり、射出圧が3.0kg/cm<sup>2</sup>を越えると厚さの厚い薄帯が得られるが、溶湯30の供給量が過剰になって冷却ロール11の回転方向の反対方向に溶湯30が溢れてしまうおそれがあるので好ましくない。

【0029】即ち、本発明において厚さが40μm以上で幅が10mm以上の非晶質軟磁性合金薄帯を製造するには、上記ノズルの吹出し口の吹出し幅と、ノズルと冷却ロールの間隔と、冷却ロールの周速と、溶湯の冷却ロールへの射出圧との相関関係を留意しつつ、それぞれの設定が行なわれる。

【0030】尚、吹出し口34の長さj（第2線分38の長さ）は、製造する薄帯の幅に応じて適宜設定されるが、10mm以上とすれば、幅広の非晶質軟磁性合金薄帯が得られる。また、ノズル17の先端であって、吹出し口34の設けられていないところをリップ幅Sとし、リップ幅Sは吹出し幅wの3倍程度に設定される。

【0031】また、冷却ロール11の少なくとも表面

は、炭素鋼たとえばJIS規格におけるS45CなどのFe基金合金または、真鍮（Cu-Zn合金）、あるいは純Cuで構成することが好ましい。冷却ロール11の少なくとも表面が熱伝導性の高い真鍮あるいはCuであると、冷却ロール11の放熱性が良好になって冷却ロール11の冷却効果が高くなり、溶湯の急冷に適する。さらには、真鍮あるいはCuが比較的軟質であって加工（研磨）性に富むので、冷却面の粗さを溶湯のぬれ性が最適になるように調整することが容易になり、冷却ロール11からの薄帯の分離が円滑になって、厚さの均一な薄帯が得られやすくなる。また、冷却ロール11の冷却面がFe基金合金であると、冷却面が比較的硬くなって、真鍮やCuの場合よりも加工性は劣るが、安価で且つ耐久性が向上する。

【0032】また、冷却ロール11の表面は、砥粒ナンバー240～2000番、好ましくは2000番の研磨紙により研磨して得られる粗さに相当する粗さとすることが望ましい。従来一般の、冷却ロールの表面が鏡面仕上げとされている製造装置により作製された薄帯は、その自由凝固面の長さ方向に波状の凹凸が観察される。この凹凸は、溜まりから薄帯が引き出される際に冷却ロール上で微小な滑りが生じて発生したものと考えられる。一方、冷却ロールに接触しつつ凝固するロール接触面については、自由凝固面に見られる凹凸も若干観察されるが、基本的には冷却ロール表面の凹凸がそのまま転写されるために、自由凝固面より表面粗さが小さなものとなる。そこで、冷却ロールの表面を鏡面より粗く仕上げることによって薄帯とロール表面との間の摩擦を大きくし、これにより薄帯の冷却ロールに対する滑りが防止されて自由凝固面における凹凸の発生が防止され、自由凝固面の表面粗さを改善することができる。また、冷却ロール接触面の表面粗さは冷却ロール表面の粗さに依存するため、冷却ロール表面粗さを最適に設定することにより、双方の表面粗さを均等になしえる。この結果、例えば磁気ヘッド用などとして好適な非晶質軟磁性合金薄帯が得られる。また、冷却ロールは、冷却効率を高めるために内部を空洞とし、内部に水などの冷却媒体を注入してもよい。

【0033】上述の製造装置を用いて非晶質軟磁性合金薄帯を製造するには、まずチャンバ10の内部を真空排気するとともに、このチャンバ10内にガス供給源31からArガス、窒素ガス等のガスを導入する。また、ガス供給源18からArガスをろつば12の内部に圧送し、溶湯30をノズル17から噴出させるとともに、図1に示す矢印A方向に冷却ロール11を回転させると、溶湯30が冷却ロール11の頂部に溜まり40を形成しつつ冷却ロール11の冷却面に沿って押し出され、薄帯50が得られる。この薄帯50は非晶質相を主体とする組織からなるものである。

【0034】ろつば12から溶湯30を冷却ロール11



に連続的に噴出して薄帯50を連続製造すると、図1に示すように、冷却ロール11から引き出された薄帯50が、チャンバ10の収納部14に収納される。この薄帯50はまだ予熱状態で温度が高いので、この段階で酸素に触れると酸化するおそれがあるが、チャンバ10の内部がArガス、窒素ガス等の雰囲気とされているので、チャンバ10の内部で薄帯が酸化することがない。

【0035】薄帯50の連続製造が終了して薄帯50の温度が室温近くまで下がったならば、チャンバ10の本体部13と収納部14とを分離して薄帯50を取り出す。

【0036】このように得られた薄帯50に対し、Fe基軟磁性金属ガラス合金の結晶化温度以下（例えば、300～500℃）の温度に加熱して徐冷する熱処理を行えば、結晶相が析出することがなく薄帯の内部応力が緩和されて、非晶質軟磁性合金薄帯の軟磁気特性が向上する。

【0037】尚、上記の製造方法において、冷却ロールへの溶湯の吹付けは、Arガス雰囲気中で行なっているが、大気減圧雰囲気中で行なってもよく、さらには不活性ガス減圧雰囲気中または窒素ガス減圧雰囲気中に行なうことがより好ましい。不活性ガスとしては、上記したArガスの他に、例えばNeガス、Heガスなどが挙げられる。また、減圧の程度は、チャンバ内をより希薄にすることが、薄帯中に不純物の混入を防げて良いが、上記ノズルからの射出圧は、この減圧レベルを考慮して設定しなければならなくなる。また、不活性ガスをノズル17の吹き出し口34付近にフローしても良い。

【0038】本発明の製造方法により、厚さが従来得ることの極めて困難であった厚い合金薄帯、特に40μm以上の厚さの非晶質軟磁性合金薄帯を得ることが可能になると共に、非晶質軟磁性合金薄帯の幅を10mm以上とすることが可能となる。こうした厚さの厚く、幅広の非晶質軟磁性合金薄帯は、たとえば、巻回したり、また積層することにより、占積率の高い非晶質軟磁性合金部材とされて、磁気ヘッドやトランス等の各種磁気製品に用いることができ、しかも、特に占積率が高いために磁気ヘッドやトランスのコアの実質的な飽和磁束密度を向上させることができるため、磁気製品の小型化を一層推進することができる。また、薄帯の幅が従来の薄帯より

【0039】図5は本発明に係る非晶質軟磁性合金部材である積層磁心を示すもので、この積層磁心42は、上述の製造方法で得られた非晶質軟磁性合金薄帯44を絶縁膜46を層間に挟むようにして巻回して積層することにより構成される。非晶質軟磁性合金薄帯44の層間に介在させる絶縁層46は、用途によっては使用しなくても良いものであるが、高電圧駆動時の層間における絶縁

破壊を防止し、また、渦電流損失を小さくして発熱を抑えるなどの目的で設けられるもので、樹脂系皮膜や樹脂テープ、無機質系材料皮膜や無機質材料製テープあるいは水ガラス中にアルミナやマグネシア、窒化ほう素、珪砂、石英などの無機質系粒子を分散させたもの、あるいは、これらの無機質系粒子を樹脂テープにコーティングしたり、コーティング後に必要に応じて焼き付けたものなどが適宜用いられる。絶縁層46を構成する樹脂材料として、アルキド樹脂を有機溶剤に溶解した溶剤型ワニステープ、スチレンモノマと不飽和ポリエステル樹脂からなる無溶剤型ワニスのテープ、アクリル系樹脂、ポリエステル系樹脂、エポキシエステル系樹脂などを例示することができる。

【0040】絶縁層46を非晶質軟磁性合金薄帯44に被覆するには、例えば非晶質軟磁性合金薄帯44の表面に、電気泳動法で無機質粒子を付着させる方法、あるいは、溶射により被覆する方法、スパッタや真空蒸着により無機質層を被覆する方法などを適宜用いることができる。また、珪砂、石英などを単独であるいは混合して樹脂中に注入して絶縁層46を製造することもできる。

【0041】図6は非晶質軟磁性合金部材である積層磁心の他の例を示すもので、この積層磁心48は、本発明の非晶質軟磁性合金薄帯を打ち抜いて得られたリング51を複数用意し、これらリング51…の間に絶縁層52を介在させて積層することにより構成される。リング51を構成する非晶質軟磁性合金薄帯は、図5の積層磁心42の非晶質軟磁性合金薄帯44と同等のものをを用いることができ、絶縁層52を構成する材料も先に説明した積層磁心42の絶縁層46と同等のものをを用いることができる。

【0042】図7、8は、本発明に係る非晶質軟磁性合金薄帯を用いてなるトランスを示すもので、このトランス54は、E字状の鉄心55、55を互に対向配置して組み合わせ、組み合わせ部分にコイル57を設けて構成されている。鉄心55、55は、非晶質軟磁性合金薄帯をE字状に打ち抜いて得た薄板55Aが積層されてなるもので、I型の基部55aとその両端側に形成された脚部55bと基部55aの中央側に形成された突起部55cとからなる。鉄心55、55は、脚部55b同士と突起部55c同士を重ね合わせ、鉄心55、55間に接着層56を介在させて接合し、突起部55c同士の重ね合わせ部分にコイル57を巻回して構成される。なお、薄板55A…は、必要に応じて絶縁層あるいは絶縁被覆により互いに絶縁されて積層されても良く、また、鉄心55、55間の接着層56に間欠的に空隙部分を設けても良い。

【0043】このトランス54は、優れた軟磁気特性を示す非晶質軟磁性合金薄帯からなる薄板55、55が積層されて構成されているので、優れた軟磁気特性と低いコアロスを示し、トランスの小型軽量化に寄与する。ま

た、E字状の鉄心55、55を上下に積層配置することにより磁心を構成しているの、E字状とI字状の鉄心薄板を1枚ずつ交互に組み合わせる構成のトランスよりも組立工数が減り、製造が容易になるとともに、鉄心55、55の間に絶縁層56または空隙部分を設けているので、直流重畳時の鉄心の透磁率の減少が防止される。

【0044】次に、本発明に係るFe基軟磁性金属ガラス合金について説明する。従来からFe系の合金として、Fe-P-C系、Fe-P-B系、Fe-Ni-Si-B系等の組成のものがガラス遷移を起こすものとして知られているが、これらの合金の過冷却液体の温度間隔 $\Delta T$ はいずれも25K以下と極めて小さく、实际的に金属ガラス合金として構成することはできない。これに対して本発明に係るFe基軟磁性金属ガラス合金は、上述のように、温度間隔 $\Delta T$ が35K以上、組成によっては40~50K以上という顕著な温度間隔を有し、これまでの知見から知られるFe基合金からは全く予期されないものである。しかも、軟磁性についても室温で優れた特性を有する本発明に係るFe基軟磁性金属ガラス合金は、これまでの知見に見られない全く新規なものである。

【0045】このFe基軟磁性金属ガラス合金の組成は、Feを主成分とし、Fe以外の他の金属と半金属とを含有したものとして示すことができる。このうち他の金属とは、周期律表のIIA族、IIIA族及びIIIB族、IVA族及びIVB族、VA族、VIA族、VIIA族のうちから選択できるものであるが、中でも、IIIB族、IVB族の金属元素が好適なものとして示される。例えば、Al、Ga、In、Snである。また、本発明に係るFe基軟磁性金属ガラス合金に対し、Ti、Hf、Cu、Mn、Nb、Mo、Cr、Ni、Co、Ta、W、Zrの中から選択される1種以上の金属元素を配合することができる。更に、半金属元素としては、例えば、P、C、B、Ge、Siを例示できる。より具体的に例示すると、本発明では、その組成が原子%で、Al:1~10%、Ga:0.5~4%、P:9~15%、C:5~7%、B:2~10%、Fe:残部であって、不可避不純物が含有されていても良いFe基金属ガラス合金である。

【0046】また、Siを加えることにより、過冷却液体の温度間隔 $\Delta T$ を向上させ、非晶質単相となる臨界板厚を増大させることができる。その結果、室温で優れた軟磁気特性を有する非晶質軟磁性合金薄帯の厚さをさらに厚くすることが可能となる。Siの含有量は多すぎると過冷却液体領域 $\Delta T$ が消滅するので、15%以下が好ましい。より具体的に例示すると、本発明のFe基金属ガラス合金は、その組成が原子%で、Al:1~10%、Ga:0.5~4%、P:9~15%、C:5~7%、B:2~10%、Si:0~15%、Fe:残部であって、不可避不純物が含有されていても良い。

【0047】なお、前記の組成において、更にGeを0~4%、好ましくは0.5~4%の範囲で含有していても良い。また、前記組成において、更に、Nb、Mo、Cr、Hf、W、Zrの少なくとも1種を7%以下含有していても良く、更に、Ni10%以下、Co30%以下を含んでも良い。これらのいずれの場合の組成においても、本発明においては、過冷却液体の温度間隔 $\Delta T$ は、35K以上、組成によっては40~50K以上が得られる。

【0048】上述の組成のFe基軟磁性金属ガラス合金は、室温において磁性を有し、また、熱処理により、より良好な磁性を示す。このため、優れたSoft magnetic特性(軟磁気特性)を有し、各種の磁気部品の材料として有用なものとなる。

【0049】上述の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法は、回転駆動される冷却ロールの冷却面に向けてノズルから合金の溶湯を噴出して前記溶湯を冷却し、帯状の非晶質軟磁性合金薄帯を製造する際に、前記ノズルの吹出し口の形状を略矩形とし、前記冷却ロールの回転接線方向に平行な該吹出し口の吹出し幅を、0.2mm以上かつ0.8mm以下とし、前記ノズルと前記冷却ロールの間隔を、0.2mm以上かつ0.8mm以下とし、前記冷却ロールの周速を、3m/s以上かつ60m/s以下とし、前記冷却ロールへの溶湯の噴出を、0.2kg/cm<sup>2</sup>以上かつ3.0kg/cm<sup>2</sup>以下の射出圧で行なうので、厚さが40μm以上、かつ幅が10mm以上の非晶質軟磁性合金薄帯を安定して製造することができる。

【0050】また、上述の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法は、前記冷却ロールへの溶湯の噴出を密閉空間内で行なうと共に、減圧雰囲気または不活性ガス雰囲気として前記冷却ロールへの溶湯の噴出を行なうので、冷却ロール及びノズル近傍への酸素の混入が防がれて、薄帯の酸化を防止できる。

【0051】上述の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法においては、得られた非晶質軟磁性合金薄帯を、合金の結晶化温度以下の温度で熱処理するので、薄帯の組織中に結晶質相が析出することがなく、また薄帯の内部応力が緩和されて非晶質軟磁性合金薄帯の軟磁気特性を向上できる。

【0052】上述の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法においては、非晶質軟磁性合金薄帯が、過冷却液体の温度間隔 $\Delta T$ が35K以上であり、比抵抗が1.5μΩm以上であるFe基軟磁性金属ガラス合金からなるので、比較的厚さの厚い非晶質軟磁性合金薄帯を製造することができると共に、非晶質軟磁性合金薄帯の軟磁気特性を向上することができる。また、比抵抗が1.5μΩm以上であるので、高周波での渦電流損失が少なく、高周波損失が小さい積層コア等の部材を製造することができる。

【0053】上述の非晶質軟磁性合金薄帯の製造装置

は、回転駆動される冷却ロールと、該冷却ロールの冷却面に向けて合金の溶湯を噴出するノズルとを具備してなり、前記ノズルの吹出し口の形状が略矩形とされ、前記冷却ロールの回転接線方向に平行な吹出し幅が0.2mm以上0.8mm以下とされ、前記ノズルと前記冷却ロールの間隔が0.2mm以上かつ0.8mm以下とされているので、非晶質相組織からなる厚みが40μm以上の非晶質軟磁性合金薄帯を安定して製造できる。また、前記ノズルと前記冷却ロールとが、真空排気可能なチャンバ内に収納されているので、非晶質軟磁性合金薄帯の酸化を防止することができる。

【0054】上述の非晶質軟磁性合金薄帯は、厚さが40μm以上であるので、この非晶質軟磁性合金薄帯を積層すれば、占積率の高い積層コア等の磁気部品を得ることができる。また、上述の非晶質軟磁性合金部材は、上記の厚さの厚い非晶質軟磁性合金薄帯が巻回または積層\*

冷却ロールの周速度:

溶湯の温度:

吹出し口の吹出し幅w:

ノズルと冷却ロールの間隔d:

チャンバ10内の雰囲気:

背圧:

冷却ロール径

【0056】図9から、溶湯の射出圧が高くなるにつれて薄帯の厚さが厚くなるのがわかる。これは、射出圧の増加により、溶湯の噴出量が増加したためと推定される。特に、射出圧を0.3kgf/cm<sup>2</sup>とすれば、薄帯の厚さを40μm以上とすることが可能になる。

【0057】(実験例2)冷却ロールの周速を、11.※

溶湯の温度:

吹出し口の吹出し幅w:

ノズルと冷却ロールの間隔d:

溶湯の射出圧:

チャンバ10内の雰囲気:

背圧:

冷却ロール径

【0058】図10から、得られる薄帯の厚さは、冷却ロールの周速に反比例し、冷却ロールの周速が低くなるにつれて薄帯の厚さが厚くなるのがわかる。周速を高くすると、薄帯の厚さが薄くなると共にピンホールの発生が確認された。冷却ロールの周速が25m/s以下であると、冷却ロールと薄帯の厚さの反比例関係が良く成り立っていることから、熔融金属が十分に供給されていることが推測される。この際には、ノズルの先端にはバドルが形成されており、冷却ロールが熔融金属の凝固した部分を引き出している。このとき、凝固界面は図13に示すように、バドルの内部に位置しているものと思われる。しかしながら、冷却ロールの周速が高まると、溶湯の十分な供給が間に合わず、図14に示すように、バ★

溶湯の温度:

\*されてなるので、占積率が向上して非晶質軟磁性合金部材の飽和磁束密度、透磁率を高めることができる。

【0055】

【実施例】(実験例1)Fe、Al及びGaと、Fe-C合金、Fe-P合金及びBを原料としてそれぞれ所定量秤量し、減圧Ar雰囲気下においてこれらの原料を高周波誘導加熱装置で溶解し、原子組成比がFe<sub>70</sub>Al<sub>10</sub>Ga<sub>10</sub>P<sub>5</sub>C<sub>5</sub>B<sub>5</sub>Si<sub>5</sub>のインゴットを作製した。このインゴットを図1に示す非晶質軟磁性合金薄帯の製造装置のるつば内に入れて溶解して溶湯とし、この溶湯をるつばのノズルから回転している冷却ロールに向けて噴出させて非晶質軟磁性合金薄帯を製造した。溶湯の射出圧を、0.2、0.7、1.2、1.8kgf/cm<sup>2</sup>としたときの、薄帯の厚さを測定した。結果を図9に示す。また、他の条件は以下の通りとした。

11.8m/s

1100℃

0.4mm

0.5mm

Arガス(約660torr)

10<sup>-3</sup>torr以下

450mm

※8、23.6、35.3、47.1m/sとし、他の条件を下記のように設定したこと以外は実験例1と同様にして非晶質軟磁性合金薄帯を製造し、得られた薄帯の厚さを測定した。冷却ロールの周速と薄帯の厚さとの関係を図10に示す。

1100℃

0.4mm

0.5mm

1.8kgf/cm<sup>2</sup>

Arガス(約660torr)

10<sup>-3</sup>torr以下

450mm

★ドルの形成が不十分となる。したがって、熔融金属の供給が律速となり、薄帯の厚さはこれにより決定される。従って、冷却ロールの周速の増加に伴う薄帯の厚さの減少が抑制される。この際には、凝固界面は冷却ロール上の薄帯中に移動する。このとき、薄く引き延ばされた熔融金属が冷却ロールによって引張られるため、薄帯にピンホールが発生してしまうものと思われる。

【0059】また、冷却ロールの周速を、10、47、15、70、20、93、31.4m/sとし、他の条件を下記のように設定したこと以外は実験例1と同様にして非晶質軟磁性合金薄帯を製造し、得られた薄帯の厚さ及び幅を測定した。結果を表1に示す。

1100℃

吹出し口の吹出し幅  $w$ : 0.5 mm  
 ノズルと冷却ロールの間隔  $d$ : 0.3 mm  
 溶湯の射出圧: 0.8 kgf/cm<sup>2</sup>  
 チャンバ10内の雰囲気: Arガス (約660 torr)  
 背圧:  $10^{-3}$  torr以下  
 冷却ロール径: 200 mm

【0060】

\* \* 【表1】

冷却ロールの周速(m/s)	薄帯の厚さ( $\mu$ m)	薄帯の幅(mm)
10.47	65	11
15.70	55	12
20.93	45	13
31.40	37	13

【0061】得られた薄帯の結晶構造をX線回折測定により解析したところ、全ての薄帯の組織は非晶質相単相であった。

【0062】(実験例3) 吹出し口の吹出し幅  $w$  を、0.2、0.3、0.4 mmとし、他の条件を下記のよ※

冷却ロールの周速度: 11.8 m/s  
 溶湯の温度: 1100℃  
 ノズルと冷却ロールの間隔  $d$ : 0.5 mm  
 溶湯の射出圧: 1.8 kgf/cm<sup>2</sup>  
 チャンバ10内の雰囲気: Arガス (約660 torr)  
 背圧:  $10^{-3}$  torr以下  
 冷却ロール径: 450 mm

【0063】図11から、得られた薄帯の厚さは、吹出し幅  $w$  とほぼ比例関係にあることがわかる。上記の条件において吹出し幅  $w$  が0.2 mm以上であれば、厚さが40  $\mu$ m以上の薄帯を得ることが可能となる。

【0064】(実験例4) ノズルと冷却ロールとの間隔★

冷却ロールの周速度: 11.8 m/s  
 溶湯の温度: 1100℃  
 吹出し口の吹出し幅  $w$ : 0.5 mm  
 溶湯の射出圧: 1.8 kgf/cm<sup>2</sup>  
 チャンバ10内の雰囲気: Arガス (約660 torr)  
 背圧:  $10^{-3}$  torr以下  
 冷却ロール径: 450 mm

【0065】図12から、得られた薄帯の厚さは、ノズルと冷却ロールの間隔  $d$  が大きくなるにつれて厚くなることが判る。

【0066】また、ノズルと冷却ロールの間隔  $d$  を、

冷却ロールの周速度: 20.9 m/s  
 溶湯の温度: 1100℃  
 吹出し口の吹出し幅  $w$ : 0.5 mm  
 溶湯の射出圧: 0.8 kgf/cm<sup>2</sup>  
 チャンバ10内の雰囲気: Arガス (約660 torr)  
 背圧:  $10^{-3}$  torr以下  
 冷却ロール径: 200 mm

【0067】

◆ ◆ 【表2】

間隔 $d$ (mm)	薄帯の厚さ( $\mu$ m)	薄帯の幅(mm)
0.30	45	13

※うに設定したこと以外は実験例1と同様にして非晶質軟磁性合金薄帯を製造し、得られた薄帯の厚さを測定した。冷却ロールの周速と薄帯の厚さとの関係を図11に示す。

★ $d$ を、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7 mmとし、他の条件を下記のように設定したこと以外は実験例1と同様にして非晶質軟磁性合金薄帯を製造し、得られた薄帯の厚さを測定した。ノズルと冷却ロールの間隔  $d$  と薄帯の厚さとの関係を図12に示す。

☆0.3、0.35、0.45 mmとし、他の条件を下記のように設定したこと以外は実験例1と同様にして非晶質軟磁性合金薄帯を製造し、得られた薄帯の厚さ及び幅を測定した。結果を表2に示す。

19

20

0.35

46

12

0.45

50

11

【0068】得られた薄帯の結晶構造をX線回折測定により解析したところ、全ての薄帯の組織は非晶質単相であった。また、表2から明らかなように、ノズルと冷却ロールとの間隔dが0.3~0.45mmの範囲であれば、厚さが40 $\mu$ m以上かつ幅10mm以上の薄帯が得られることが判る。

\*

吹出し口の吹出し幅w: 0.3, 0.4, 0.5mm  
 溶湯の射出圧: 0.4, 1.2, 1.8kgf/cm<sup>2</sup>  
 冷却ロールの周速度: 14.1m/s  
 溶湯の温度: 1100℃  
 ノズルと冷却ロールの間隔d: 0.5mm  
 チャンバ10内の雰囲気: Arガス(約660torr)  
 背圧: 10<sup>-3</sup>torr以下  
 冷却ロール径: 450mm

【0070】

※ ※【表3】

スリット幅(mm)	射出圧(kg/cm <sup>2</sup> )		
	0.4	1.2	1.8
0.3	厚さ 25 $\mu$ m 幅 15mm	厚さ 55 $\mu$ m 幅 15mm	厚さ 80 $\mu$ m 幅 15mm
0.4	厚さ 35 $\mu$ m 幅 15mm	厚さ 62 $\mu$ m 幅 15mm	厚さ 87 $\mu$ m 幅 15mm
0.5	厚さ 50 $\mu$ m 幅 15mm	厚さ 68 $\mu$ m 幅 15mm	厚さ 90 $\mu$ m 幅 15mm

【0071】表3から明らかなように、射出圧が0.4kgf/cm<sup>2</sup>であっても、吹出し幅が0.5mmであれば、厚さが40 $\mu$ m以上かつ幅10mm以上の薄帯が得られることが判る。このように、吹出し幅と射出圧を調整することにより、所望の寸法形状の薄帯を容易に得ることが可能になる。

【0072】(実験例6) 実験例1と同様にして、原子組成比がFe<sub>70</sub>Al<sub>10</sub>Ga<sub>2</sub>P<sub>5</sub>C<sub>10</sub>B<sub>3</sub>Si<sub>1</sub>なる組成のインゴットを作製し、このインゴットを図1に示す非晶質軟磁性合金薄帯の製造装置のるつば内に入れて★

冷却ロールの周速度: 11.8~47.1m/s  
 溶湯の温度: 1100℃  
 吹出し口の吹出し幅w: 0.3~0.5mm  
 ノズルと冷却ロールの間隔d: 0.2~0.7mm  
 チャンバ10内の雰囲気: Arガス(約660torr)  
 背圧: 10<sup>-3</sup>torr以下  
 冷却ロール径: 450mm  
 溶湯の射出圧: 0.2~1.8kgf/cm<sup>2</sup>

【0073】図16に示すように、熱処理後の薄帯は、熱処理前の薄帯よりも透磁率が高く保磁力が小さくなっており、軟磁気特性が向上していることが判る。これは、熱処理によって薄帯の内部歪みが緩和されたためと推定される。また、薄帯の厚さの変化に対し、透磁率及

\*【0069】(実験例5) 吹出し口の吹出し幅w及び溶湯の射出圧を下記の通りとし、また、他の条件を下記のように設定したこと以外は実験例1と同様にして非晶質軟磁性合金薄帯を製造し、得られた薄帯の厚さ及び幅を測定した。結果を表3に示す。

★溶解して溶湯とし、吹き出し幅w、ロール周速度、間隔d、射出圧を適当に変更しつつ、この溶湯をるつばのノズルから回転している冷却ロールに向けて噴出させることにより、様々な板厚の非晶質軟磁性合金薄帯を製造した。得られた薄帯を350℃で30分間加熱して、熱処理を行った。熱処理前の薄帯と熱処理後の薄帯について、1kHzにおける透磁率と保磁力を測定した。結果を図16に示す。また、非晶質軟磁性合金薄帯を製造する際の条件は以下の通りとした。

び保磁力の変化が小さく、厚さの厚い薄帯は厚さが薄い薄帯と同様に優れた軟磁気特性を示していることが判る。

【0074】また、図17には、下記の条件で製造した上記組成の板厚が80 $\mu$ mの非晶質軟磁性合金薄帯の示

差走査熱量測定(DSC測定)の結果を示す。図17に示すように、この薄帯の過冷却液体の温度間隔 $\Delta T_c$ は\*

冷却ロールの周速度: 11.8m/s  
 溶湯の温度: 1100℃  
 吹出し口の吹出し幅w: 0.5mm  
 ノズルと冷却ロールの間隔d: 0.4mm  
 チャンバ10内の雰囲気: Arガス(約660torr)  
 背圧:  $10^{-3}$ torr以下  
 冷却ロール径: 450mm  
 溶湯の射出圧: 1.8kgf/cm<sup>2</sup>

【0075】(実験例7) Feと、Al及びGaと、C、P及びBとを原料としてそれぞれ所定量秤量し、減圧Ar雰囲気下においてこれらの原料を高周波誘導加熱装置で溶解してインゴットを作製した。但し、原料の秤量の際において、PとCとBの比をP:C:B=11:5:4として一定とし、AlとGaの比をAl:Ga=5:2として一定として、Fe量と、PとC及びBの合計量と、Al及びGaの合計量とを適当に配合した。このインゴットを図1に示す非晶質軟磁性合金薄帯の製造装置のるつば内に入れて溶解して溶湯とし、この溶湯をるつばのノズルから回転している冷却ロールに向けて噴※

冷却ロールの周速度: 23.6m/s  
 溶湯の温度: 1100℃  
 吹出し口の吹出し幅w: 0.4mm  
 ノズルと冷却ロールの間隔d: 0.5mm  
 チャンバ10内の雰囲気: Arガス(約660torr)  
 背圧:  $10^{-3}$ torr以下  
 冷却ロール径: 450mm  
 溶湯の射出圧: 1.8kgf/cm<sup>2</sup>

【0076】図18に示すように、Fe量が69~73原子%、PとC及びBの合計量が26原子%以下、好ましくは22~24原子%、Al及びGaの合計量が2原子%以上、好ましくは7原子%である組成範囲の薄帯においては、透磁率( $\mu_e$ )が7000以上、保磁力が3Am<sup>-1</sup>以下、過冷却液体の温度間隔( $\Delta T_c$ )が60K以上を示し、優れた軟磁気特性を備えた金属ガラス合金を構成することがわかる。特に、Fe量が70原子%、PとC及びBの合計量が23原子%、Al及びGaの合計量が7原子%である組成の薄帯においては、透磁率( $\mu_e$ )が8000以上、保磁力が2Am<sup>-1</sup>以下、過冷却液体の温度間隔( $\Delta T_c$ )が60K以上を示し、特に優れた軟磁気特性を備えた金属ガラス合金を構成することがわかる。

【0077】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法は、回転駆動される冷却ロールの冷却面に向けてノズルから合金の溶湯を噴出して前記溶湯を冷却し、帯状の非晶質軟磁性合金薄帯を製造する際に、前記ノズルの吹出し口の形状を略矩形とし、前記冷却ロールの回転接線方向に平行な該吹出し口

\*55Kであって広い温度間隔を示しており、金属ガラス合金を構成していることが確認された

11.8m/s  
 1100℃  
 0.5mm  
 0.4mm  
 Arガス(約660torr)  
 $10^{-3}$ torr以下  
 450mm  
 1.8kgf/cm<sup>2</sup>  
 ※出させることにより、非晶質軟磁性合金薄帯を製造した。得られた薄帯を350℃で30分間加熱して、熱処理を行った。また、得られた薄帯の厚さは40μmであった。熱処理後の薄帯について、1kHzにおける透磁率( $\mu_e$ )、保磁力(Hc)及び過冷却液体の温度間隔( $\Delta T_c$ )を測定した。これらの測定値と非晶質軟磁性合金薄帯の組成比との関係を図18に示す。尚、図中、○印は、本実験例により得られた非晶質軟磁性合金薄帯の組成をプロットしたものである。また、非晶質軟磁性合金薄帯を製造する際の条件は以下の通りとした。

23.6m/s  
 1100℃  
 0.4mm  
 0.5mm  
 Arガス(約660torr)  
 $10^{-3}$ torr以下  
 450mm  
 1.8kgf/cm<sup>2</sup>  
 の吹出し幅を、0.2mm以上かつ0.8mm以下とし、前記ノズルと前記冷却ロールの間隔を、0.2mm以上かつ0.8mm以下とし、前記冷却ロールの周速度を、3m/s以上かつ60m/s以下とし、前記冷却ロールへの溶湯の噴出を0.2kg/cm<sup>2</sup>以上かつ3.0kg/cm<sup>2</sup>以下の射出圧で行なうので、厚さが40μm以上、かつ幅が10mm以上の非晶質軟磁性合金薄帯を安定して製造することができる。

【0078】また、本発明の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法は、前記冷却ロールへの溶湯の噴出を密閉空間内で行なうと共に、減圧雰囲気または不活性ガス雰囲気として前記冷却ロールへの溶湯の噴出を行なうので、冷却ロール及びノズル近傍への酸素の混入が防がれて、薄帯の酸化を防止できる。

【0079】本発明の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法においては、得られた非晶質軟磁性合金薄帯を、軟磁性合金の結晶化温度以下の温度で熱処理するので、薄帯の組織中に結晶質相が析出することがなく、また薄帯の内部応力が緩和されて非晶質軟磁性合金薄帯の軟磁気特性を向上できる。

【0080】本発明の非晶質軟磁性合金薄帯の製造方法

においては、非晶質軟磁性合金薄帯が、過冷却液体の温度間隔 $\Delta T_c$ が35 K以上であり、比抵抗が $1.5 \mu\Omega$ 以上であるFe基軟磁性金属ガラス合金からなるので、比較的厚さの厚い非晶質軟磁性合金薄帯を製造することができると共に、非晶質軟磁性合金薄帯の軟磁気特性を向上することができる。また、比抵抗が $1.5 \mu\Omega$ 以上であるので、高周波での渦電流損失が少なく、高周波損失が小さい積層コア等の部材を製造することができる。

【0081】本発明の非晶質軟磁性合金薄帯の製造装置は、回転駆動される冷却ロールと、該冷却ロールの冷却面に向けて合金の溶湯を噴出するノズルとを具備してなり、前記ノズルの吹出し口の形状が略矩形とされ、前記冷却ロールの回転接線方向に平行な吹出し幅が0.2 mm以上0.8 mm以下とされ、前記ノズルと前記冷却ロールの間隔が0.2 mm以上かつ0.8 mm以下とされているので、非晶質相組織からなる厚みが $40 \mu\text{m}$ 以上の非晶質軟磁性合金薄帯を安定して製造できる。また、前記ノズルと前記冷却ロールとが、真空排気可能なチャンバ内に収納されているので、非晶質軟磁性合金薄帯の酸化を防止することができる。

【0082】本発明の非晶質軟磁性合金薄帯は、厚さが $40 \mu\text{m}$ 以上であるので、この非晶質軟磁性合金薄帯を積層すれば、占積率の高い積層コア等の磁気部品を得ることができる。また、本発明の非晶質軟磁性合金部材は、上記の非晶質軟磁性合金薄帯が巻回または積層されてなるので、占積率が向上して非晶質軟磁性合金部材の飽和磁束密度、透磁率を高めることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態である非晶質軟磁性合金薄帯の製造装置を示す側面図である。

【図2】 図1に示す製造装置の冷却ロールとノズルを示す断面図である。

【図3】 図1に示す製造装置の冷却ロールとノズルを示す拡大側面図である。

【図4】 図1に示す製造装置のノズルの拡大底面図である。

【図5】 本発明の実施の形態である非晶質軟磁性合金部材である積層磁心を示す斜視図である。

【図6】 本発明の実施の形態である非晶質軟磁性合金部材である他の積層磁心を示す斜視図である。

\* 【図7】 トランスを示す分解斜視図である。

【図8】 トランスを示す斜視図である。

【図9】 溶湯の射出圧と非晶質軟磁性合金薄帯の厚さとの関係を示すグラフである。

【図10】 冷却ロールの周速と非晶質軟磁性合金薄帯の厚さとの関係を示すグラフである。

【図11】 ノズルの吹出し幅と非晶質軟磁性合金薄帯の厚さとの関係を示すグラフである。

【図12】 ノズルと冷却ロールの間隔と非晶質軟磁性合金薄帯の厚さとの関係を示すグラフである。

【図13】 冷却ロールとノズルを示す拡大側面図であって、薄帯の形成を説明するための図である。

【図14】 冷却ロールとノズルを示す拡大側面図であって、薄帯の形成を説明するための図である。

【図15】 従来の薄帯の製造装置の冷却ロールとノズルを示す断面図である。

【図16】  $\text{Fe}_{70}\text{Al}_{10}\text{Ga}_2\text{P}_{0.5}\text{C}_{0.7}\text{B}_{1.5}\text{Si}_1$ なる組成の非晶質軟磁性合金薄帯の厚さと、透磁率及び保磁力の関係を示す図である。

【図17】  $\text{Fe}_{70}\text{Al}_{10}\text{Ga}_2\text{P}_{0.5}\text{C}_{0.7}\text{B}_{1.5}\text{Si}_1$ なる組成の非晶質軟磁性合金薄帯のDSC曲線を示す図である。

【図18】 本発明に係る非晶質軟磁性合金薄帯の組成と、透磁率( $\mu_e$ )、保磁力(Hc)及び過冷却液体の温度間隔( $\Delta T_c$ )との関係を示す図である。

#### 【符号の説明】

10 チャンバ

11 冷却ロール

12 りつば

13 本体部

14 収納部

15 排気管

17 ノズル

18 ガス供給源

30 溶湯

31 ガス供給源

34 吹出し口

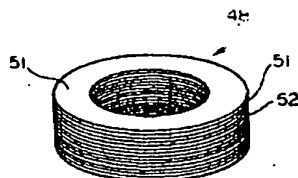
50 非晶質軟磁性合金薄帯

d ノズルと冷却ロールの間隔

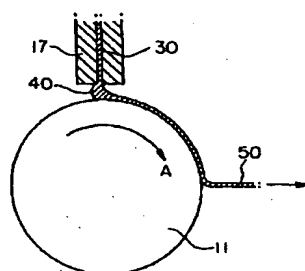
p 回転接線方向

\* w 吹出し幅

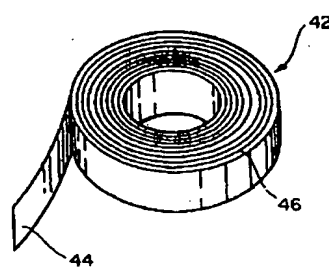
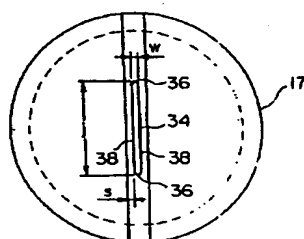
【図6】



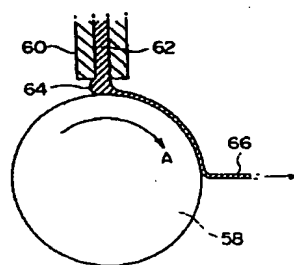
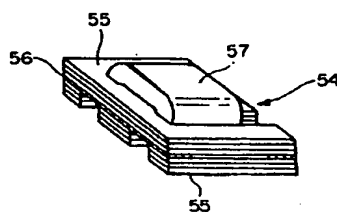
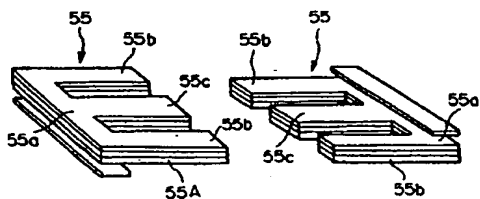
【圖2】



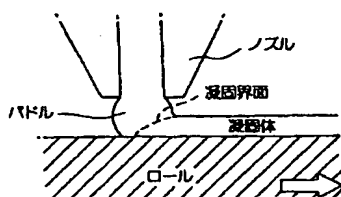
【图5】



【圖 15】

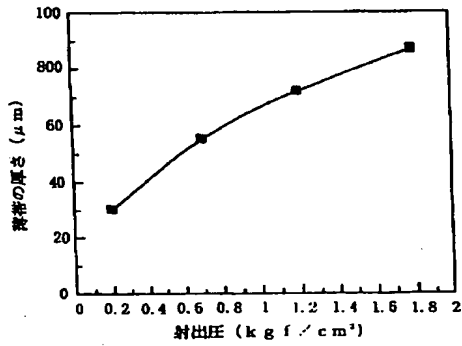


【圖 13】

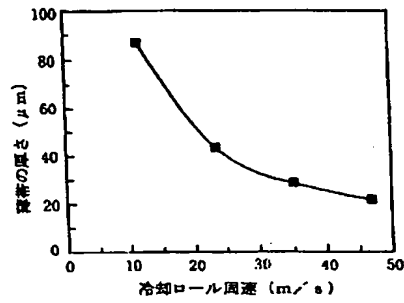




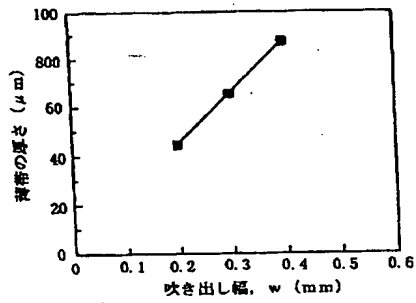
【図9】



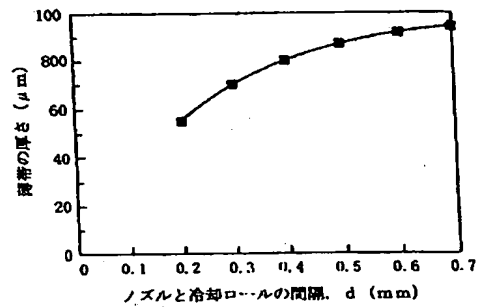
【図10】



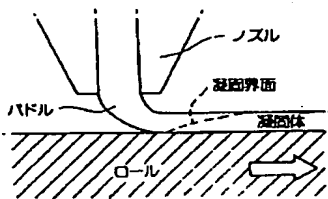
【図11】



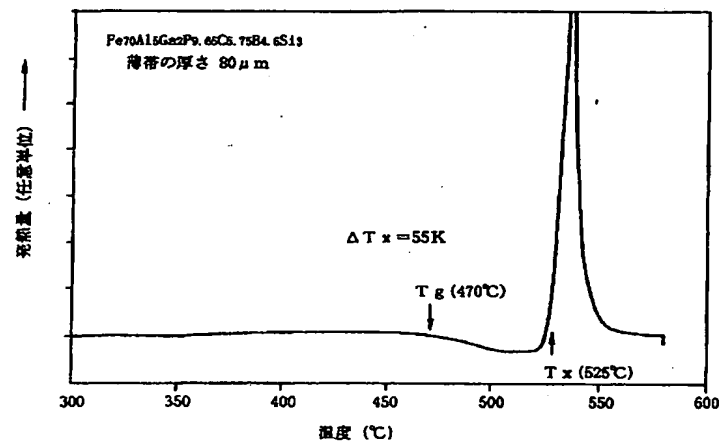
【図12】



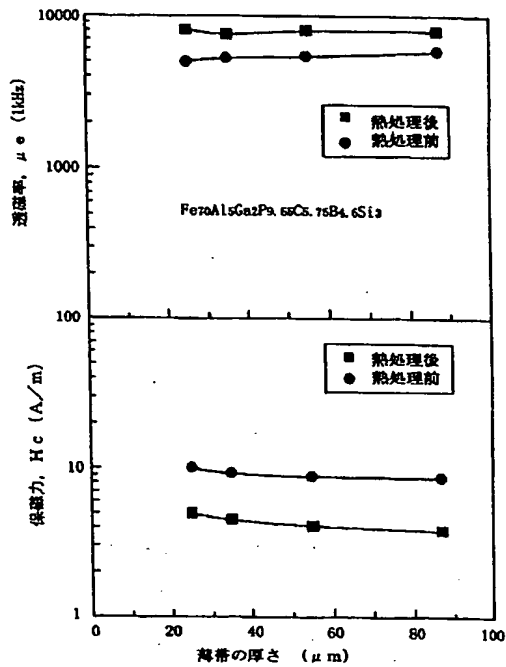
【図14】



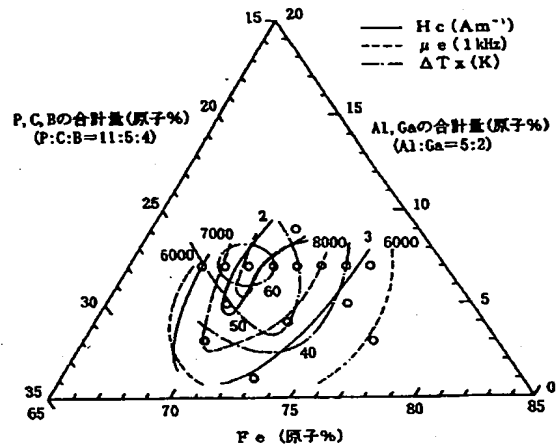
【図17】



【図16】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 水嶋 隆夫  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

(72)発明者 牧野 彰宏  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

(72)発明者 井上 明久  
宮城県仙台市青葉区川内元支倉35番地 川内住宅11-806

Fターム(参考) 4E004 DB02 DB17 NA05 NB07 TA01  
TA03 TB01 TB02 TB03 TB04  
TB05 TB07